第 16 卷 第 2 期
1973 年 11 月
昆 虫 学 报
ACTA ENTOMOLOGICA SINICA
Vol. 16, No. 2
November, 1973

虫草蝙蝠蛾 *Hepialus armoricanus* Oberthür 生物学的初步研究*

A PRELIMINARY STUDY ON THE BIOLOGY OF THE "INSECT HERB", *HEPIALUS ARMORICANUS* OBERTHÜR

陈泰鲁 唐家骏** 毛金龙
CHEN TAI-LU, TANG CHIA-CHUN, MAO CHING-LUNG
(中国科学院动物研究所)
(*Institute of Zoology, Academia Sinica*)

冬虫夏草又叫夏草冬虫，简称虫草，是我国名贵药材之一。我国的西藏、青海、四川等地都有出产。

我们于 1958 年底开始在青海省部分地区进行调查采集，当年又去四川康定、茂汶、普雄、峨眉等地继续工作。自 1959 年 4 月起，在四川省康定海拔 3,500—4,000 余米高山草甸的山坡上展开定点观察，同时在康定城郊（2,450 米）处进行室内饲养研究，历时一年半。兹将初步结果作出报告。

一、冬虫夏草的真菌

冬虫夏草的真菌属于子囊菌纲，肉座目、麦角科、虫草属，学名为 *Cordyceps sinensis* (Berkeley) Sacc.。据日人小林在 1941 年的统计，全属共有 137 种，在我国已知的有 26 种。在此 137 种中就有 125 种，也就是说 90% 以上寄生于昆虫，在国内则比数更高了（24 种）。虫草菌的寄主包括鞘翅目、鳞翅目、同翅目、半翅目、膜翅目、双翅目、白蚁目、直翅目以及蜘蛛。所寄生的虫期包括幼虫、蛹、成虫，但除在膜翅目多为成虫外，在其他各目都寄生于幼期，特别是幼虫，有少数还对两个不同虫期都能寄生。

虫草菌在侵入蝙蝠蛾幼虫体内后，发展菌丝蔓延至虫体全部，寄主僵硬而死亡。入夏由幼虫头顶长出子座，露于土外，基部仍留幼虫体内。子座细长如棒，长 4—11 厘米，上部为子座头部略膨大呈圆柱形。属名 *Cordyceps*（棒形头部）即由此得来（图 1）。

二、药材冬虫夏草

根据«中药志»(1960 年)的材料，冬虫夏草的功用为"益肺肾，补精髓，止血化痰"，主治"虚劳咳血，阳痿遗精，腰膝痠痛"。在 1957 年进行的化学分析（Chatterjel 等）指出，虫草含有虫草酸（cordycepic acid）$C_7H_{12}O_6$（1, 3, 4, 5-羟基环己酸）7%，系奎宁酸的异构体。在药理方面，早在 1917 年即有报道，近二十年来研究结果也相继发表。郑武飞（1952）用虫草水浸出质测其对四种真菌（癣菌和小芽孢菌各二种）有抗真菌能力。张士善和张伯石（1958）在进行一系列药理试验后，指出对离体动物支气管的扩张作用是显著的，也能加强肾上腺素的作用，这同古籍所说"保肺，化痰、己劳嗽"和现代中医用药治喘息等有相符之处。至于对离体兔心作用时，心输出量有明显增加，这点和古籍所载"人患心头痛，以此虫煎汤食之立愈，永不复发"之说，有待进一步探索。

三、发育期（图 2—6）

（一）卵期 室内（平均温度 17.8℃）为 22—30 天，在产地自然情况下要超过二个月，9月下旬或 10 月初才孵化。在实验室内将卵置于土壤表

---

* 尚有沙槎云等同志参加 1958 年底和 1959 年初在四川省、青海省调查虫草的工作。

虫草蝙蝠蛾的学名由朱弘复同志鉴定，并审阅文稿，其寄主植物珠芽蓼的学名由植物研究所鉴定，插图系陈瑞瑾同志所绘。

** 唐家骏同志现调保定地区制药厂工作。

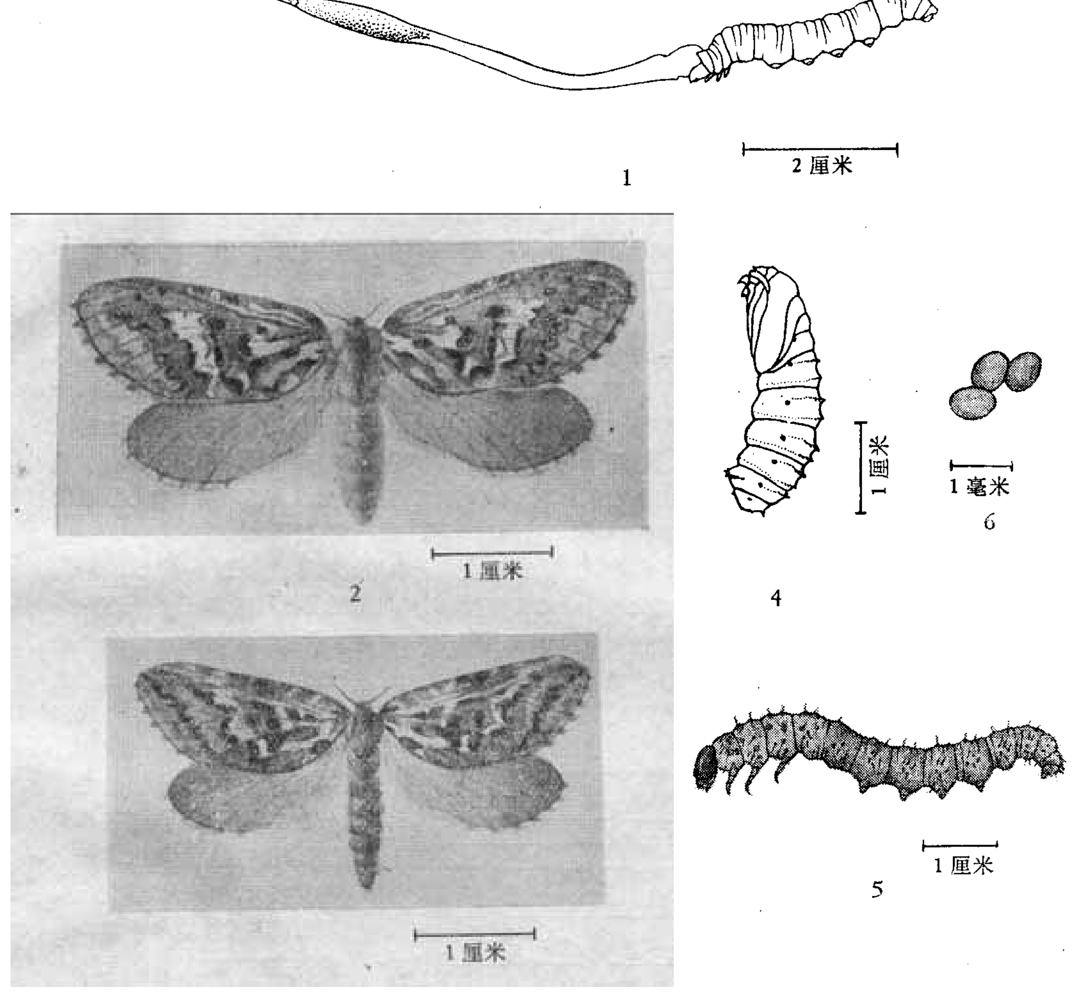


图 1　冬虫夏草 *Cordyceps sinensis* (Berk.) Sacc.
图 2—6　虫草蝙蝠蛾 *Hepialus armoricanus* Oberthür
2. 雌蛾；3. 雄蛾；4. 蛹；5. 幼虫；6. 卵

面，或混于土中及保湿的培养皿滤纸上，都能顺利孵化，一般孵化率在 75% 以上，高达 93.21%。如放在土中虽能接近野外条件，但孵化后幼虫钻进土中各处，不易观察和统计，以置于滤纸上较为理想。

(二)幼虫期　在产地的土中一年四季都能挖到幼虫，且龄期不一，说明幼虫期有重迭的现象。由于 1959 年工作中未能突破幼虫食性问题，故无法饲养和观察其确切天数，所以幼虫期暂缺。但在 1960 年室内饲养观察到幼龄幼虫的时间：一龄为 13—34 天，平均 24.6 天；二龄为 17 天。其他各龄幼虫有片断记录，是从野外挖来的幼虫加以饲养，有的一直到化蛹和羽化为成虫，但无法确定挖来时属于什么龄期。

现在根据饲养中的头壳和两次蜕皮间的天数，试图求出幼虫龄期。由于幼虫期很长(估计二年左右)，我们连续观察到的是：最后一龄幼虫→预蛹→蛹→成虫→卵→一龄幼虫→二龄幼虫→三龄幼虫。一龄幼虫头壳宽为 0.5 毫米；二龄为 0.8 毫米；三龄为 1.2 毫米；最后一龄幼虫头宽变动幅度较大，有 2.9、3.0、3.3、3.6、3.7 及 3.9 毫米，其中雌雄幼虫是有所不同的。我们测量一批大小不同未知龄期的幼虫头宽，根据已知一至三龄幼虫的头宽，参照戴氏定律分析头宽值，虫草蝙蝠蛾幼虫似应为六个龄期。一龄为 0.5 毫米，二龄为 0.8 毫米，三龄为 1.1—1.3 毫米，四龄约为 1.5—

2.0 毫米，五龄约为 2.3—2.8 毫米，六龄 2.9—3.7 毫米，个别可达 4.2 毫米。是否合乎实际，尚待今后证实。

(三)蛹期　在产地蛹的发生期因蛹所在地的海拔高度和坡向不同而有差别，1959 和 1960年在康定地区调查结果表明，海拔 3,700 米以下地段，于 5 月初即可首次发现其刚化成的蛹，5 月中下旬蛹数增加，6 月中下旬蛹量达最高峰。6 月底成虫开始羽化出来，蛹量也随着成虫发生期的到来而迅速减少，但个别的蛹可延至 7 月底。

室内预蛹期 7—18 天，平均 11.6 天。蛹期 15—42 天，平均 33.4 天（平均室温 14.9℃）。

(四)成虫期　产地成虫发生时间，也因拔海高度和坡向不同而有区别。1959 年在康定狮子岩（3,500 米）于 6 月 26 日首次发现，7 月 2 日至 15 日为成虫盛发期，16—23 日成虫已渐减少，只有在 3,800 米以上的分布区还可以找到相继羽化的成虫，成虫期很短，前后仅延续 25—28 天的时间。

综合以上各虫期在一年中的分布，现列如图 7。

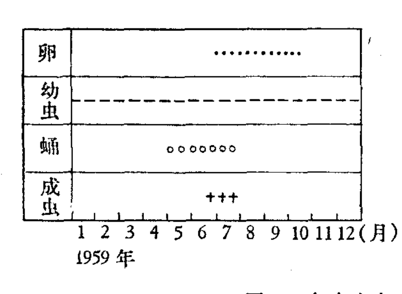
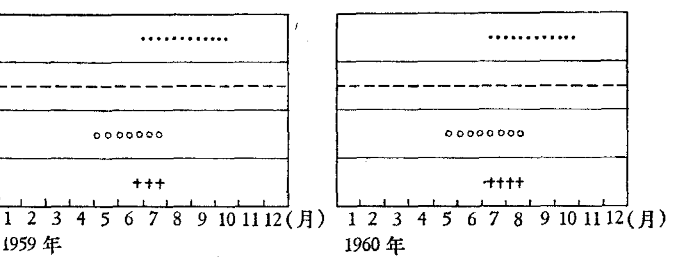



图 7　各虫态在一年中的分布

四、生态习性

(一)卵　成虫由于腹部充满卵粒，行动迟缓，对产卵场所的选择是很不严格的，即在羽化的地点附近草隙稍有凹陷的土表上，或成虫攀附植株上即散产在附近土上，孵化后即钻入土中，未受精的卵是不能孵化的，且也不变颜色。受精卵由乳白色渐变深黑色。

(二)幼虫　虫草蝙蝠蛾以幼虫越冬，越冬期间幼虫在冻土层以下，但不呈休眠状态，仅仅生活力减弱，深冬在冻土层下挖到的幼虫，带回室内解剖，可以看到肠道中，还有食物碎渣和粪便。初冬，幼虫入土较浅，11 月份调查，幼虫大多数处在

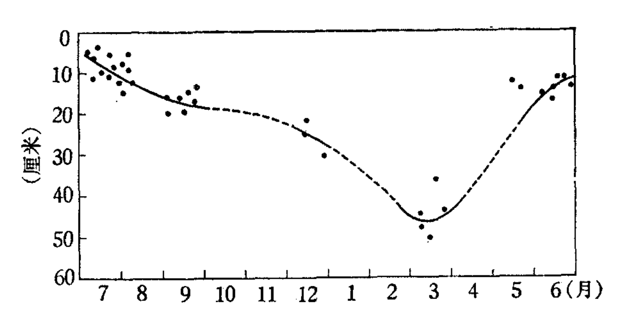


图 8　幼虫在土中栖息深度

冻土层（此时该层厚达 3—8 厘米）以下 5—15 厘米；深冬，大部分移至冻土层（此时该层厚达 11—18 厘米）以下 10—20 厘米处，少数可到冻土层以下 30—50 厘米的深处。在温暖的季节大多在土表下 5—20 厘米处正常活动。幼虫在土中的活动位置，一年中随季节而变化（图 8）。

幼虫在土中活动时形成隧道，一般上下纵行，略带倾斜，也有向侧面横行相连，隧道的宽度随虫体大小而异，一般略大于虫体，四壁有一层黑色土壤，有时发现一些老熟幼虫吐丝筑成土室，该土室最内层为单层丝网和光滑的一层薄黑土，外边包裹一层土粒，土室一端稍大，可供幼虫蜷曲其中。幼虫的分布在同一地区内是不均匀的，往往某些山坡或地段上密度较大，相邻近处则较小，很可能与成虫集中产卵，幼虫寄主植物多寡、以及前一年幼虫被寄生的多少都有关系。

虫草蝙蝠蛾幼虫的分布与虫草的分布是一致的，虫草分布地区属于高山草甸类型，草本植物占优势，阴坡及山谷低洼处才能见到有零星杜鹃属等小灌木分布，植被不十分茂密，即使在夏季各植株亦是清楚可分。土壤的一般特点是：表层为黑色的腐植质，其中密生各种须状草根，厚达 3—8 厘米，到冬季这一层全部冻结。以下是黄壤土，幼虫即生活在这一层中，但厚度不一致，某些地区仅有 20 厘米左右，有的深达 70 厘米以上，黄土层以下便是岩层或小碎石。

幼虫的土栖特点，加上惊人的耐饥力，曾给我们观察食性带来困难。如果把幼虫放在原产地的土中，不给任何食物，幼虫能较长期地生存，我们试验不放土壤中也不给食物，幼虫最长也能耐饥

119 天，不过在这种情况下，幼虫体重下降，最后皱缩而死。

幼虫由于长期适应高寒地区的环境，耐寒性也相当强。就我们粗略测定结果，在 0℃ 下放置 6 天不会死亡，甚至降到 −3℃ 时，再经 5 小时也不冻死。当温度回升到 0—1℃ 时，又复苏醒活动，可是再次下降到 −4℃ 时，再经半小时才死去。

幼虫的食性的解决，有助于在室内饲养和观察，探索野生药材变为家养的有利步骤，我们在原产地的观察，同时在室内用幼虫可能取食的各种食物进行广泛试验，结果查明幼虫系植食性，取食珠芽蓼 *Poloygonum viviparum* L. 的地下茎。长期以此为食料，生长和发育都正常。开始发现是在 1960 年于康定鸭脚根的山坡上，挖掘幼虫时，挖起一块珠芽蓼地下茎有被幼虫咬食的痕迹，继而在室内饲养得到证实。

(三)蛹　老熟幼虫在化蛹前做一个土室，化蛹后，蛹能突破土室的上端，随着气温的变化，能在原幼虫的隧道中上下升降，用手触及它，就很快地退缩下去。

1960 年 6 月 6 日起到 7 月 24 日止，共挖到蛹 1,081 头，其中雄蛹有 616 头，占 57%，雌蛹 465 头占 43%，雄蛹略多于雌蛹。从深度位置来分析(表 1)，初期蛹大部在 6—10 厘米处，中期在 3—5 厘米处，后期则上升到离土表 1—2 厘米。说明快羽化时，上升便于羽化，蛹靠腹部的背腹面的几排棘状突起的构造，左右摇动而做上下自由活动，羽化后，蛹壳仍留在原处。

表 1　蛹在不同时期深度的变化

项目 / 日期	挖蛹数	不同深度的分布			平均温度 (℃)								
					土表			5 厘米深处土温			10 厘米深处土温		
		入土深度(厘米)	蛹数	%	早	中	晚	早	中	晚	早	中	晚
1960 VI 6—13	461	1—2 3—5 6—10 11—15 16—20	0 97 267 97 1	0 21.04 57.92 20.82 0.22	2.8	13.5	6.0	4.0	9.7	7.0	4.1	5.9	6.9
1960 VI 21—29	427	1—2 3—5 6—10	162 232 33	37.94 54.33 7.73	4.2	8.8	5.9	5.6	7.6	7.3	5.9	6.4	6.7
1960 VII 12—24	80	1—2 3—5 6—10 11—15	47 23 9 1	58.75 28.75 11.25 1.25	5.7	14.1	8.1	8.0	9.6	9.3	7.9	7.8	9.3

(四)成虫　成虫羽化后，很快寻找并攀附于附近的植株上，头部向上，半小时内即将翅舒展完毕，快的仅 8 分钟就将翅伸直。雌虫平均寿命为 80 小时，最长为 118 小时，最短为 46 小时；雄虫平均 72 小时，最长 127 小时，最短为 38 小时。成虫一般在羽化后 8—10 小时开始产卵，最短 4 小时，最长的产卵前期达 3 天以上。一般交尾后 1—2 小时内即产第一批卵，观察到有一头交配后的雌虫，2 分钟即开始产卵。产卵次数为 1—5 次不等，一般产第二次卵后，即可产出全部卵数的 78%。在时间上约 18 个小时内即可产出 70—80% 的卵。雌虫平均产卵量为 457 粒，最多达 735 粒。雌雄成虫都不取食。

成虫的盛发期在原产地为 7 月 2—15 日。7 月 12 日我们曾试验用 2 头雌虫诱集雄虫，结果是 10 分钟内即诱来雄虫 15 头，可见成虫数量之多，这一现象也表明了雌虫性腺能分泌性引诱物质，但雄虫不能诱来雌虫。成虫的交尾时间一般在下午 5 时以后进行，下午 7—8 时尤为常见，雄虫飞行很快，常沿地面 1 米高左右飞行，寻找雌虫，雌虫则攀附在杂草或植株上，后翅不动而用前翅急速扑动，雄虫都自逆风的方向飞行，常常多个雄虫同时飞临雌虫处，其中一个雄虫争先交配，其他雄虫则在近处徘徊。交配过程中雌虫用足攀牢植株，

雄虫则倒挂于下，此时雌虫不再震翅，交配完毕雄虫主动离开，已交配过的雄虫不能再次和雌虫交尾，但已交配过的雌虫，可再次同未交配过的雄虫进行交配。交配时的气温一般在 10—12℃。当地表温度在 13—17℃ 之间，雌雄成虫常常当天羽化，当天就能交配，交配时间持续 2 小时之久，最长者可达 11 小时。

成虫栖息和活动的场所：通过多次散放和就地观察，证明白天成虫潜伏于没有阳光直射的地方，如珠芽蓼的叶背和石块背阴处，其停息的地方，一天内随太阳东起西落而背光活动。在活动方面，雌雄成虫相差很大，雌虫笨重只能作边跳边飞地移动，仅几米之内的飞行距离。雄虫则飞行甚速，在求偶时逆风飞行，离地面约 1 米左右平行飞来或不定形迂迴飞来。以 1960 年 7 月 22 日观察为例，雄虫活动时间为 18 时 50 分至 20 时 15 分（当时气温为 9℃，相对湿度为 95—100%，微风），过后就未观察到有雄虫活动。此外雌雄成虫似无趋光性，在诱蛾灯中从未诱到过。

五、垂直分布

在康定地区对虫草蝙蝠蛾幼虫的寄主植物进行调查中，表明幼虫与珠芽蓼的分布及生长状况有密切关系，珠芽蓼的分布下限为 2,600 米，低于虫草蝙蝠蛾幼虫的分布下限 3,000 米，但在这些地区的植株矮小，地下茎生长得浅而细小，而虫草分布区内，珠芽蓼广泛分布，生长茂盛，地下茎粗大，平均入土深度达 16 厘米左右，与幼虫经常活动的范围相一致。3,000 米以下地区的珠芽蓼块茎细小，平均入土的距离只有 6 厘米左右，不利于幼虫取食。

同时结合虫草的调查，发现四川峨眉山只在山顶（3,035 米）处才有虫草和虫草蝙蝠蛾幼虫，因此我们认为虫草和虫草蝙蝠蛾的分布下限为 3,000 米。上限的范围，限于我们已调查所及的高度只达 4,200 米，据记载 1940 年 Daniel 根据 Höne 从巴塘（现属四川省）在海拔 5,000 米采得一批标本，是否在康藏高原的虫草和虫草蝙蝠蛾的上限达更高的地方，尚待今后考察补充。

参 考 文 献

郑武飞 1952 普通中国草药在试管内对致病性及非致病真菌的抗真菌力。中华医学杂志 **38**(4):315—8。

祝振纲 1956 冬虫夏草考。上海中医药杂志 1956(10):43—4。

张士善、张伯石 1958 冬虫夏草的药理作用。药学学报 **6**(3):142—6。

刘振陆 1962 疣纹蝙蝠蛾生活习性初步观察。昆虫学报 **11**(3):321—2。

朱弘复 1965 冬虫夏草的寄主昆虫是虫草蝙蝠蛾。昆虫学报 **14**(6):620—1。

青木清 1957 昆虫病理学。技报堂，147—8 页。

松泽亮等 1963 关于蘘荷蝙蝠蛾（*Phassus exerescens* Butler）的交尾与产卵。日本应用动物昆虫学会志 **7**(2):153—4。

Edwards, C. A. 1964 The bionomics of swift moths 1. The ghost swift moth, *Hepialus humuli* (L.) *Bull. ent. Res.* **55** (1): 147—60.